

Auslese der FUNKTECHNIK

Zeitschrift für das Gesamtgebiet der Elektronentechnik

Verantwortlich für den Inhalt: Dr.-Ing. F. Bergtold VDE, z. Zt. Kiel

Mitarbeiter: M. von Ardenne, Berlin . Prof. Dr. Benz, Wien . Dr. L. Brück, Berlin . Dr. F. Fuchs, München. J. Kammerloher, Berlin . Dr. O. Macek München . Dr. H. Roosenstein, Berlin . Dr. W. Runge, Berlin . Dr. H. Schwarz, München . Dr. K. Steimel, Berlin . Obering. R. Urtel, Berlin . Prof. Dr. H. Wigge, Köthen u. a.

In diesem Heft vor allem:

Gegenkopplung

Aus dem Inhalt:

In den folgenden Heften:

Verzerrungen im Empfangsgleichrichter; Einiges über Schaltzeichen; Richtflächen und Richtkennlinien; Trägheitsmoment und Peilschärfe; Empfangsgleichrichtung mit Zweipolröhre; Leistungsverstärker; Tonabnehmer; Hyperbolische Funktionen; Prüfsenderschaltungen; Strahlungs- und Verdichtungsfaktor; Mathematik und Technik; Trichterantennen für Ultrakurzwellen; Schallfeldgrößen

Franckh'sche Verlagshandlung, Abt. Technik
Stuttgart-O, Pfizerstraße 5/7

Die Auslese als Mittel zur Weiterbildung

Heute arbeitet der Ingenieur mit äußerster Anspannung, um das Seine zum Sieg Deutschlands beizutragen. Trotz dieser Überlastung, die er gerne auf sich nimmt, möchte er aber mit seinen technischen Kenntnissen nicht zurückbleiben und die Übung im technischen Denken nicht verlieren. Noch stärker ist dieser Wunsch bei allen Ingenieuren vertreten, die ihren Rechenschieber und ihre Meßgeräte mit den Waffen vertauschten, um sich unmittelbar für Deutschland einzusetzen.

Die Auslese bietet sowohl den Ingenieuren, die in der Heimat für Deutschlands Rüstung arbeiten, wie auch den Ingenieuren, die Kriegsdienste leisten, mit ihren kurzen, verständlichen Beiträgen und ihren gut gewählten Aufgaben das, was sie an fachlicher Unterrichtung in der Jetztzeit brauchen.

Mehr noch als bisher sind in diesem und den folgenden Heften der Auslese die besonderen Bedürfnisse der zum Wehrdienst eingezogenen Arbeitskameraden in der Stellung der Aufgaben und in der Bearbeitung der sonstigen Veröffentlichungen berücksichtigt.

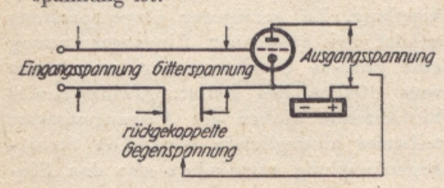
Jeder, der in der Heimat seinen Platz ausfüllt, kann Funkingenieuren, die draußen stehen, durch Übersendung von Auslese-Heften Freude bereiten und Anregung bieten. Wollen wir hoffen, daß diese Möglichkeit zum Nutzen der deutschen Technik in recht zahlreichen Fällen ausgenutzt wird!

Gegenkopplung — ein Überblick

Von Dr.-Ing. F. Bergtold, z. Zt. Kiel

Bei Gegenkopplung wird ein Teil der Verstärker-Ausgangswechselspannung der Steuerwechselspannung mit dem ihr entgegengesetzten Vorzeichen zugefügt. Somit treten – gemäß Bild 1 – am Verstärkereingang drei Wechselspannungen auf:

1. Die Gitterspannung, die den Verstärker unmittelbar steuert,
2. die Gegenspannung, die vom Verstärkerausgang auf den Verstärkereingang zurückgeführt wird, und
3. die Eingangsspannung, die gleich der Summe aus Gitterspannung und Gegenspannung ist.



Verstärkungsrückgang

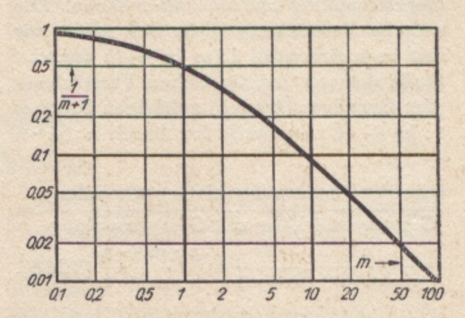
Bei Gegenkopplung ist die Eingangsspannung für gleichbleibende Aussteuerung des Verstärkers um die Gegenspannung größer als die Gitterspannung. Zu einer Gegenspannung vom m-fachen Wert der Gitterspannung gehört eine Eingangsspannung vom $(m + 1)$-fachen Wert der Gitterspannung. Bei m-facher Gegenkopplung sinkt die Verstärkung also auf das

$1 : (m + 1)$-fache (Bild 2).

Verminderung des Klirrgrades und der inneren Störspannungen

Klirrverzerrung bedeutet, daß sich im Verstärker Oberwellen bilden, die die Eingangsspannung nicht enthält. Auch die im Empfänger auftretenden Störspannungen fehlen in der Eingangsspannung. Deshalb dürfen wir die Oberwellen hier als Störspannungen behandeln.

Unter der Annahme, daß die gesamte Störspannung als zusätzliche Gitterspannung am Verstärker auftritt, wird ihre Verstärkung durch eine m-fache Gegenkopplung auf das $1 : (m + 1)$-fache vermindert. Daher wirken sich die Störspannungen und Klirrverzerrungen bei m-facher Gegenkopplung nur mit dem Bruchteil $1 : (m + 1)$ aus (Bild 2).



Wir prüfen nun die eben gemachte Annahme auf ihre Zulässigkeit. Wir denken uns, die Störspannung entstehe erst hinter der ersten Stufe eines zweistufigen Verstärkers, dessen erste Stufe auf das 50-fache verstärkt. Die Gegenspannung wirkt hierbei erst nach 50-facher Verstärkung mit der Störspannung zusammen. Diese Störspannung ist – wie die zugehörige Gegenspannung – 50mal so groß wie die Eingangs-Störspannung, die zur selben Ausgangs-Störspannung gehört. Die Annahme, die gesamte Störspannung trete am ersten Steuergitter auf, führt somit zum richtigen Ergebnis.

Ausgleich der Verstärkungs-Frequenzabhängigkeit

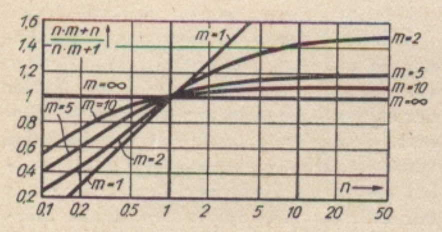
Die hier betrachtete Frequenzabhängigkeit soll ausschließlich im Verstärker und nicht in der Belastung (Lautsprecher) liegen.

Wie uns bekannt, sinkt die Verstärkung bei m-facher Gegenkopplung auf das $1 : (m + 1)$-fache, wobei m jeweils für eine bestimmte Verstärkung gilt. Jede Verstärkungsänderung ist mit einer ihr verhältnisgleichen Änderung der Gegenkopplung verknüpft.

Beispiel: Steigt die Verstärkung aufs Doppelte, so gehört zur gleichen Ausgangs-

spannung und damit zur gleichen Gegenspannung die halbe Gitterspannung wie zuvor. War die Gegenkopplung bei einfacher Verstärkung m-fach, so wird sie bei doppelter Verstärkung also 2 m-fach. Allgemein heißt das: Beim Anwachsen der Verstärkung auf das n-fache steigt die erst m-fache Gegenkopplung auf das $m \cdot n$-fache. Die n-fache Verstärkung wirkt sich somit nur mit dem Bruchteil $1:(m \cdot n + 1)$ aus. An Stelle des zur ursprünglichen Verstärkung (der Grundverstärkung) gehörigen Bruches $1:(m + 1)$ tritt somit der Bruch $n:(m \cdot n + 1)$:

$$\frac{\text{jeweilige Verstärkung mit Gegenkopplung}}{\text{Grundverstärkung mit Gegenkopplung}} = \frac{n}{n \cdot m + 1} : \frac{1}{m + 1} = \frac{n \cdot m + n}{n \cdot m + 1} \text{ (Bild 3).}$$



Verstärkungs e r h ö h u n g e n werden weit mehr ausgeglichen als Verstärkungs v e r m i n d e r u n g e n (Bild 3), da die Gegenkopplung mit der Verstärkung steigt und fällt. Siehe auch die Zusammenstellung unten.

Die beiden Möglichkeiten zur Gewinnung der Gegenspannung

Die Gegenspannung wird entweder an einem vom Ausgangs s t r o m durchflossenen Widerstand oder von einem an der Ausgangs s p a n n u n g liegenden Spannungsteiler abgegriffen. Bei gleichbleibendem Belastungswiderstand wirken sich Strom- und Spannungsgegenkopplung gleich aus. Bei veränderlichem Belastungswiderstand trifft dies nicht zu, da hierbei zwischen Ausgangswechselspannung und Ausgangswechselstrom keine Verhältnisgleichheit besteht.

Alle mit dem Wert des Belastungswiderstandes nicht zusammenhängenden Wirkungen der Gegenkopplung sind von der Gewinnungsart der Gegenspannung unabhängig.

Besondere Wirkung der Stromgegenkopplung

Mit wachsendem Belastungswiderstand sinkt der Ausgangswechselstrom und mit ihm die Gegenspannung der Stromgegenkopplung. Zu geringerer Gegenspannung gehört bei gegebener Eingangsspannung eine größere Gitterspannung, womit das vom Steigen des Belastungswiderstandes herrührende Sinken des Ausgangsstromes teilweise ausgeglichen wird. Die Stromgegenkopplung vermindert also den Einfluß des Belastungswiderstandes auf den Ausgangsstrom.

Ebenso wirkt eine Erhöhung des Endstufen-Innenwiderstandes, da der Wert des Ausgangsstromes von der Summe aus Belastungswiderstand und Innenwiderstand abhängt.

Bei Belastungswiderständen, die gegen den Innenwiderstand klein sind, bleibt dieser Einfluß der Stromgegenkopplung gering, da hierbei der Ausgangsstrom auch ohne Gegenkopplung kaum vom Belastungswiderstand abhängt.

Besondere Wirkung der Spannungsgegenkopplung

Mit wachsendem Belastungswiderstand sinkt der Ausgangswechselstrom. Hierbei

Verstärkung des Verstärkers	Grundverstärkung	n-fache Grundverstärkung	Erhöhung $n:1$
Gegenkopplung	m fach	$m \cdot n$ fach	Erhöhung $n:1$
Wirksame Verstärkung	$1:(m + 1)$	$n:(m \cdot n + 1)$	Erhöhung $\frac{m \cdot n + n}{m \cdot n + 1}$

geht der im Innenwiderstand auftretende Spannungsabfall zurück. Folglich wachsen die Ausgangswechselspannung und mit ihr die Gegenspannung, die hier ein Teil der Ausgangsspannung ist. Die zunehmende Gegenkopplung vermindert die Verstärkung, was das Ansteigen der Ausgangsspannung abschwächt.

Das durch den wachsenden Belastungswiderstand bewirkte Sinken des Ausgangsstromes wird somit durch die Spannungsgegenkopplung unterstützt. Dieselbe Wirkung hat eine Verminderung des Endstufen-Innenwiderstandes.

Bei Belastungswiderständen, die gegen den Innenwiderstand groß sind, bleibt dieser Einfluß der Spannungsgegenkopplung gering, weil hierbei die Ausgangsspannung nur wenig vom Belastungswiderstand abhängt.

Formeln für die Kennwerte der rückgekoppelten Röhren

Wir verwenden folgende Bezeichnungen:

- S Steilheit der Röhre selbst
- D Durchgriff der Röhre selbst
- R_i Innenwiderstand der Röhre selbst
- k_u Änderung der Rückkopplungsspannung: Änderung der Anodenspannung
- k_i Änderung der Rückkopplungsspannung: Änderung des Anodenstromes
- S_u Steilheit der Ersatzröhre bei Spannungsrückkopplung
- D_u Durchgriff der Ersatzröhre bei Spannungsrückkopplung
- R_{iu} Innenwiderstand der Ersatzröhre bei Spannungsrückkopplung
- S_i Steilheit der Ersatzröhre bei Stromrückkopplung
- D_i Durchgriff der Ersatzröhre bei Stromrückkopplung
- R_{ii} Innenwiderstand der Ersatzröhre bei Stromrückkopplung.

Hiermit gilt:

Für die Spannungsrückkopplung:

$$S_u = S$$
$$D_u = D - k_u$$
$$R_{iu} = R_i \cdot \frac{1}{1 - k_u/D}$$

Für die Stromrückkopplung:

$$S_i = S \cdot \frac{1}{1 - k_i \cdot S}$$
$$D_i = D$$
$$R_{ii} = R_i (1 - k_i \cdot S).$$

Die Zahlenwerte von k_u und k_i sind für Gegenkopplung negativ und für Mitkopplung positiv einzusetzen.

Beispiel für die Spannungsrückkopplung

Eine Röhre hat die Werte $S = 2{,}5$ mA/V; $R_i = 10$ kΩ und $D = 0{,}04$. $^1/_{20}$ der Anodenwechselspannung wird als Gegenspannung an den Eingang zurückgeführt ($k_u = -1:20 = -0{,}05$). Die Ersatzröhre hat

$$S_u = S = 2{,}5 \text{ mA/V}$$
$$D_u = 0{,}04 - (-0{,}05) = 0{,}04 + 0{,}05 = 0{,}09$$
$$R_{iu} = 10 \cdot \frac{1}{(1 + 0{,}05/0{,}04)} =$$
$$= 10 : (1 + 1{,}25) = 4{,}45 \text{ k}\Omega .$$

Beispiel für die Stromrückkopplung

Die Röhre des vorhergehenden Beispieles wird mit Stromgegenkopplung betrieben. Der vom Anodenstrom durchflossene Gegenkopplungswiderstand hat 200 Ω. Das gibt für k_i, wenn wir den Anodenstrom in mA und die Gegenkopplungsspannung in V messen wollen, $= -0{,}2$ (kΩ). Hiermit erhalten wir:

$$S_i = 2{,}5 \cdot \frac{1}{1 - (-0{,}2) \cdot 2{,}5} =$$
$$= 2{,}5 : (1 + 0{,}5) = 1{,}667 \text{ mA/V}$$
$$D_i = D = 0{,}04$$
$$R_{ii} = 10 \cdot [1 - (-0{,}2) \cdot 2{,}5] = 15 \text{ k}\Omega.$$

Weitere Beispiele gewinnen wir aus den Bildern von Seite 11.

Gegenkopplung der Verstärker

Von Dr. F. S c h i e r l, Berlin

Gegenkoppeln heißt, auf den Verstärkereingang außer der zu verstärkenden Spannung eine ihr entgegenwirkende Spannung geben. Diese Gegenspannung ist entweder der Ausgangsspannung oder dem Ausgangsstrom oder beiden verhältnisgleich. Demgemäß gibt es Spannungsgegenkopplung, Stromgegenkopplung und Stromspannungs- oder Brückengegenkopplung. Die Gegenkopplung kann an den Verstärkereingang in Hinter- oder Nebeneinanderschaltung mit der zu verstärkenden Spannung gelegt werden, was man mit Reihen- und Nebenschlußgegenschaltung bezeichnet. Nach kurzer Behandlung der allen Gegenkopplungen gemeinsamen Grundbeziehungen werden die Eigenheiten der verschiedenen Gegenkopplungsarten erörtert.

Bezeichnungen

Bild 1 zeigt die Schaltung eines gegengekoppelten Verstärkers mit Reihenschaltung im Eingang. Die Bezeichnungen, die

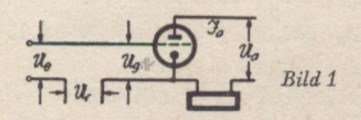


Bild 1

wir hier verwenden und die großenteils in Bild 1 vorkommen, haben folgende Bedeutung:

$\mathfrak{U}_g$ Steuerspannung (Gitterspannung)
$\mathfrak{U}_e$ Eingangsspannung
$\mathfrak{U}_r$ Rückgekoppelte Gegenspannung
$\mathfrak{U}_a$ Anodenspannung
$\mathfrak{J}_a$ Anodenstrom
V Verstärkungsgrad ohne Gegenkopplung
V' Verstärkungsgrad mit Gegenkopplung
V_0 Verstärkungsfaktor (Leerlaufverstärkungsgrad)
R_i Innenwiderstand der Endröhre
R_a Außenwiderstand für die Endröhre
g Gegenkopplungsgrad allgemein
g_u Spannungsgegenkopplungsgrad
g_i Stromgegenkopplungsgrad
g_{uo} Spannungsgegenkopplungsgrad im Leerlauf
g_{un} Spannungsgegenkopplungsgrad bei Nebenschlußschaltung
g_{ui} Strom- und Spannungsgegenkopplungsgrad.

Voraussetzungen

Wir rechnen mit gleichbleibendem Röhren-Innenwiderstand und nehmen an, daß die Gegenspannung gegen die Eingangsspannung genau um eine halbe Periode phasenverschoben ist, daß also Verstärkung und Rückführung der Gegenspannung ohne störende Phasenverschiebung erfolgen.

Grundbeziehungen

Da die Gegenspannung gegen die Eingangsspannung um eine halbe Periode phasenverschoben ist, ergibt sich die Steuerspannung als Spannungsrest, der übrig bleibt, wenn wir die Eingangsspannung um die Steuerspannung vermindern:

$$\mathfrak{U}_g = \mathfrak{U}_e - \mathfrak{U}_r; \qquad \mathfrak{U}_e = \mathfrak{U}_g + \mathfrak{U}_r. \qquad (1)$$

Das Ausmaß der Gegenkopplung kann durch zwei dieser Spannungen festgelegt werden. Wir wählen zur Festlegung des Ausmaßes der Gegenkopplung den Gegenkopplungsgrad, der folgender Beziehung genügt:

$$g = \frac{\mathfrak{U}_e}{\mathfrak{U}_g} = \frac{\mathfrak{U}_g + \mathfrak{U}_r}{\mathfrak{U}_g} = 1 + \frac{\mathfrak{U}_r}{\mathfrak{U}_g}. \qquad (2)$$

Bei Gegenkopplung brauchen wir für dieselbe Ausgangsspannung eine höhere Eingangsspannung als ohne Gegenkopplung. Der Verstärkungsgrad ohne Gegenkopplung ist durch Steuer- und Anodenspannung bestimmt:

$$V = \frac{\mathfrak{U}_a}{\mathfrak{U}_g}, \qquad (3)$$

während der Verstärkungsgrad bei Gegenkopplung durch die Eingangs- und Anodenspannung festliegt:

$$V' = \frac{\mathfrak{U}_a}{\mathfrak{U}_e}. \qquad (4)$$

Betrachten wir (2) mit (4), so erkennen wir, daß der Gegenkopplungsgrad durch das

Verhältnis der beiden eben erwähnten Verstärkungsgrade ausgedrückt werden kann:

$$\frac{V}{V'} = \frac{\mathfrak{U}_a \cdot \mathfrak{U}_e}{\mathfrak{U}_g \cdot \mathfrak{U}_a} = g. \qquad (5)$$

Dieser Zusammenhang läßt sich auch so anschreiben:

$$V' = \frac{V}{g}. \qquad (6)$$

B e i s p i e l: Verstärkung ohne Gegenkopplung 50fach, Gegenkopplungsgrad 10fach. Also Verstärkung mit Gegenkopplung 50 : 10 = 5fach.

Wir nahmen hier an, daß die Anodenspannung bei Gegenkopplung gleich der Anodenspannung ohne Gegenkopplung ist. Dieser Annahme gemäß bleibt der Wert der aussteuerbaren Leistung von der Gegenkopplung im Grunde unbeeinflußt.

Spannungsgegenkopplung

Wir wählen im Eingang zunächst Reihenschaltung. Die Gegenspannung wird von dem am Verstärkerausgang liegenden Spannungsteiler abgenommen (Bild 2). Dabei gilt:

$$\mathfrak{U}_r = \mathfrak{U}_a \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \qquad (7)$$

Bild 2

Für unendlich großen Außenwiderstand wäre die Verstärkung $\mathfrak{U}_a/\mathfrak{U}_g$ durch den Verstärkungsfaktor V_o (= 1/Durchgriff) gegeben. Bei endlichem Außenwiderstand verteilt sich die verstärkte Spannung auf den Innenwiderstand R_i der Röhre und den Außenwiderstand R_a. Folglich entfällt auf den Außenwiderstand der Bruchteil $R_a/(R_a + R_i)$ der Leerlauf-Anodenspannung $\mathfrak{U}_g \cdot V_o$. Daraus ergibt sich die bekannte Beziehung:

$$\mathfrak{U}_a = \mathfrak{U}_g \cdot V_o \frac{R_a}{R_a + R_i}. \qquad (8)$$

Mit (2) folgt hieraus:

$$\boxed{g_u = 1 + V_o \frac{R_a}{R_a + R_i} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}}. \qquad (9)$$

Das bedeutet, daß der Spannungsgegenkopplungsgrad für $R_a = 0$ (Kurzschluß der Verstärkerstufe) gleich 1 sein muß und mit wachsendem R_a ansteigt, um sich dem für $R_a = \infty$ (Leerlauf der Verstärkerstufe) geltenden Wert

$$g_{uo} = 1 + V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} \qquad (9a)$$

mehr und mehr zu nähern (Bild 3). Um die

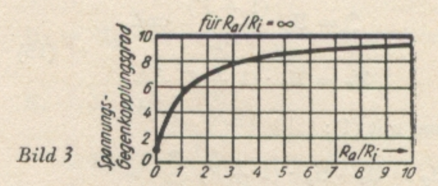


Bild 3

Verstärkungsgrade V und V' miteinander zu vergleichen, entnehmen wir aus (3) und (8):

$$V = V_o \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i}, \qquad (10)$$

sowie aus (6), (9) und (10):

$$V' = \left(V_o \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i}\right) : \left(1 + V_o \frac{R_a}{R_a + R_i} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) \text{ oder}$$

$$V' = V_o \frac{R_a}{R_a \left(1 + V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) + R_i}. \qquad (11)$$

Wir erkennen hieraus, daß die Abhängigkeit des Verstärkungsgrades vom jeweiligen Wert des Außenwiderstandes mit zunehmender Gegenkopplung geringer wird (Bild 4).

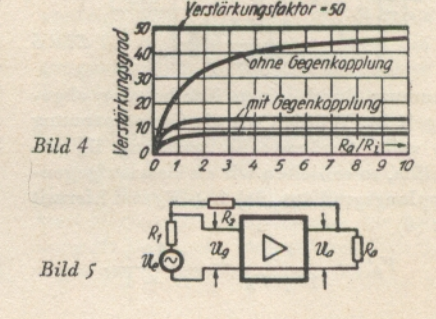


Bild 4

Bild 5

Wir betrachten nun die mit Nebenschluß ausgeführte Schaltung (Bild 5). Die rückgekoppelte Gegenspannung ist gegeben durch:

$$\mathfrak{U}_r = \mathfrak{J}_1 \cdot R_1,$$

$$\text{worin } \mathfrak{J} = \frac{\mathfrak{U}_a + \mathfrak{U}_g}{R_2} \text{ und } \mathfrak{U}_a = V \cdot \mathfrak{U}_g. \quad (12)$$

Das gibt:

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{U}_g \frac{(1 + V)}{R_2} \text{ und}$$
$$\mathfrak{U}_r = \mathfrak{U}_g \cdot (1 + V) \frac{R_1}{R_2} \quad (13)$$

und mit (1):

$$\mathfrak{U}_g = \mathfrak{U}_e - \mathfrak{U}_g \cdot (1 + V) \frac{R_1}{R_2} =$$
$$= \mathfrak{U}_e - \mathfrak{U}_g \left(1 + V_o \frac{R_a}{R_a + R_i}\right) \frac{R_1}{R_2}. \quad (14)$$

Daraus folgt schließlich:

$$\boxed{g_{un} = 1 + \left(1 + V_o \frac{R_a}{R_a + R_i}\right) \frac{R_1}{R_2}}. \quad (15)$$

Dieser Spannungsgegenkopplungsgrad hat für $R_a = 0$ den Wert $1 + R_1/R_2$ und für $R_a = \infty$ den Wert $1 + (1 + V_o) R_1/R_2$. Die Abhängigkeit von R_a ist ähnlich wie für Reihenschaltung (Bild 3).

Beispiele für Spannungsgegenkopplung

1. Spannungsgegenkopplung mit Reihenschaltung (Bild 6). Im Anodenkreis befindet sich ein Spannungsteiler, der für Gleich-

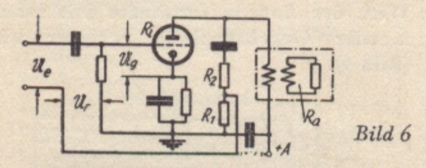


Bild 6

spannung durch einen Kondensator abgeriegelt ist. Würden wir als Gegenspannung die volle Anodenwechselspannung $\mathfrak{U}_a$ abgreifen, so erhielten wir als Leerlaufgegenkopplungsgrad aus (9a) $1 + V_o$ und hiermit aus (6)

$$V_o' = \frac{V_o}{1 + V_o} = \frac{1}{D + 1}.$$

Hierbei wird für kleinen Durchgriff (z. B. für $3\% = 0{,}03$) $V_o' = 1$ und der Innenwiderstand der gegengekoppelten Stufe gleich dem Dfachen des Innenwiderstandes der Schaltung ohne Gegenkopplung.

2. Bild 7 zeigt eine Spannungsgegenkopplung mit Nebenschlußschaltung, wobei sich die Gegenkopplung auf die Endröhre beschränkt. Der Spannungsteiler für die Gegenkopplung besteht aus dem Innenwiderstand R_i und dem Anodenwiderstand R_2 der Vorröhre. Der Gegenkopplungsgrad wird mit R_2 eingestellt.

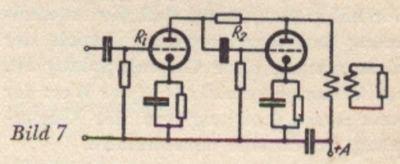


Bild 7

Stromgegenkopplung

Hierbei wird die Gegenspannung U_r z. B. an einem Widerstand abgenommen, der in Reihe mit dem Außenwiderstand R_a liegt (Bild 8):

Bild 8

$$\mathfrak{U}_r = \mathfrak{J}_a \cdot R_k = \frac{\mathfrak{U}_a}{R_a} \cdot R_k \text{ oder mit (8):}$$

$$\mathfrak{U}_r = \mathfrak{U}_g \cdot \frac{R_k}{R_a} \cdot V_o \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i + R_k} \approx$$
$$\approx \mathfrak{U}_g \cdot V_o \cdot \frac{R_k}{R_a + R_i}. \quad (16)$$

Aus (1) und (16) folgt:

$$\mathfrak{U}_e = \mathfrak{U}_g \cdot \left(1 + V_o \frac{R_k}{R_a + R_i}\right),$$

wozu sich der Stromgegenkopplungsgrad so ergibt:

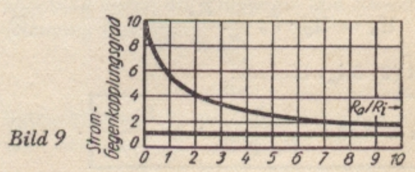


Bild 9

$$\boxed{g_i = \frac{\mathfrak{U}_e}{\mathfrak{U}_g} = 1 + V_o \frac{R_k}{R_a + R_i}} \; . \quad (17)$$

(17) zeigt, daß auch der Stromgegenkopplungsgrad vom Abschlußwiderstand R_a abhängig ist (Bild 9). Er sinkt mit wachsendem R_a. Folglich hängt V' stärker von R_a ab als V (Bild 10). Das ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung des Verstärker-Innenwiderstandes.



Bild 10

Strom- und Spannungsgegenkopplung unterscheiden sich nur in diesem Punkt. Alle anderen Eigenschaften haben beide Schaltungen gemeinsam.

Beispiel für Stromgegenkopplung

Eine Röhre mit einem nicht durch einen Kondensator überbrückten Kathodenwiderstand (Bild 11) arbeitet mit Stromgegenkopplung und zwar auch für Gleichstrom (Frequenz = 0). Der Widerstand R_k dient vor allem zum Erzeugen der Gittervorspannung. Falls die gewünschte Gegenkopplung einen höheren Wert von R_k erfordert als die notwendige Gittervorspannung, so wird ein Teil von R_k durch eine Drossel überbrückt. Im umgekehrten Fall erfolgt das Überbrücken durch einen Kondensator.

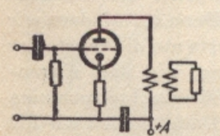


Bild 11

Stromspannungs-Gegenkopplung

Hiermit (Bild 12) läßt sich der Gegenkopplungsgrad unabhängig von der Belastung machen. Der Spannungsteiler (R_1, R_2) hat einen so hohen Widerstand, daß er

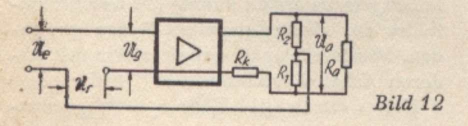


Bild 12

bei der Berechnung des Stromes unberücksichtigt bleiben darf. Der Widerstand R_k ist so gering, daß er bei der Berechnung von $\mathfrak{U}_a$ außer acht bleiben kann. Unter diesen Voraussetzungen gilt:

$$\mathfrak{U}_r = \mathfrak{J}_a \cdot R_k + \mathfrak{U}_a \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \text{ worin} \quad (18)$$

$$\mathfrak{J}_a = \frac{\mathfrak{U}_a}{R_a} = \mathfrak{U}_g \cdot V_o \frac{R_a}{R_a + R_i} \cdot \frac{1}{R_a},$$

$$\mathfrak{U}_a = \mathfrak{U}_g \cdot V_o \cdot \frac{R_a}{R_a + R_i}. \text{ Damit wird:}$$

$$\mathfrak{U}_r = \mathfrak{U}_g V_o \frac{R_k}{R_a + R_i} + \mathfrak{U}_g V_o \frac{R_a}{R_a + R_i} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}. \quad (19)$$

Hieraus können wir folgende Beziehung entnehmen:

$$\boxed{g_{ui} = g_u + g_i - 1} \; . \quad (20)$$

Machen wir den Stromgegenkopplungsgrad im Kurzschluß gleich dem Spannungsgegenkopplungsgrad im Leerlauf, also:

$$1 + V_o \frac{R_k}{R_2} = 1 + V_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ oder:}$$

$$\frac{R_k}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2},$$

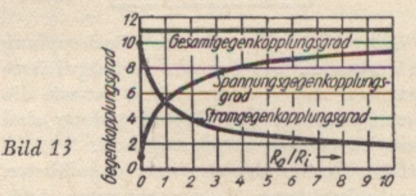


Bild 13

so wird der Gesamtgegenkopplungsgrad unabhängig von dem Abschlußwiderstand R_a (Bild 13) und der Innenwiderstand des gegengekoppelten Verstärkers gleich dem des Verstärkers ohne Gegenkopplung.

Eine andere Auslegung für Hz

Hz ist bekanntlich die Abkürzung für Hertz. Neuerdings geht man dazu über, statt Hertz unter Beibehaltung der Abkürzung *Hz* Helmholtz einzuführen. Helmholtz regte die Hertzschen Arbeiten an.

Kennlinienfelder rückgekoppelter Röhren

Von Dipl.-Ing. Edwin Severin, Berlin

Die Versuche, das Kennlinienfeld der rückgekoppelten Röhre rechnerisch voll zu erfassen, sind wegen der schwierigen Behandlung der im ganzen Kennlinienfeld verschiedenen Durchgriffe und Steilheiten als gescheitert zu betrachten. Dagegen können die Fragen der Rückkopplung durch einfache graphische Konstruktionen im (einmal gemessenen) Anodenstrom-Anodenspannungs-Kennlinienfeld auf einfache Weise gelöst werden. Wir betrachten hier nur solche Fälle, in denen weder bei der Verstärkung noch bei der Rückkopplung die Phase gedreht wird. Dies trifft auf Niederfrequenzverstärker für breite Frequenzbänder im eigentlichen Arbeitsbereich zu.

Rückkopplungsschaltung und Röhre zusammengefaßt

Mit Rückkopplung bezeichnet man bei Röhrenschaltungen das Zurückführen einer Spannung vom Anodenkreis nach dem Gitterkreis (Bild 1), wobei man „Mitkopplung" und „Gegenkopplung" unterscheidet.

Eingang $\mathfrak{U}_e$ $\mathfrak{U}_g$ $\mathfrak{J}_a$ $\mathfrak{U}_a$ $\mathfrak{U}_r$

Bild 1

Unter Mitkopplung ist die Rückkopplung zu verstehen, bei der die zurückgeführte Spannung dasselbe Vorzeichen hat wie die Gitterspannung. Bei Gegenkopplung sind diese Vorzeichen entgegengesetzt.

Das Verhältnis der zurückgeführten Wechselspannung $\mathfrak{U}_r$ zur gesamten Anodenspannung $\mathfrak{U}_a$ wird Rückkopplungsfaktor genannt und mit k_1 bezeichnet, wobei das positive Vorzeichen von k_1 Mitkopplung und das negative Vorzeichen Gegenkopplung bedeuten. Da die Anodenwechselspannung gegen die Gitterwechselspannung grundsätzlich um eine halbe Periode (180^0) verschoben ist, erhalten wir für Mitkopplung folgende Beziehung, in der das Minuszeichen die Phasenumkehr der Anodenwechselspannung gegen die Gitterwechselspannung ausdrückt:

$$\mathfrak{U}_r = - k_1 \cdot \mathfrak{U}_a.$$

Soll die Gitterwechselspannung $\mathfrak{U}_g$ bei Rückkopplung denselben Wert aufweisen wie ohne Rückkopplung, so muß die Eingangswechselspannung $\mathfrak{U}_e$ bei Mitkopplung um die zurückgeführte Spannung $\mathfrak{U}_r$ kleiner sein als die Gitterwechselspannung $\mathfrak{U}_g$:

$$\mathfrak{U}_e = \mathfrak{U}_g - \mathfrak{U}_r = \mathfrak{U}_g + k_1 \cdot \mathfrak{U}_a.$$

Wir können die Eingangswechselspannung als Gitterwechselspannung einer Ersatzröhre betrachten. Auch zu dieser Ersatzröhre gehört ein Anodenstrom-Anodenspannungsbild, das wir nun gewinnen wollen.

Das Kennlinienfeld der Ersatzröhre für Spannungsmitkopplung

Wir können dieses Kennlinienfeld mit Hilfe der betriebsmäßigen Wechselspannungen folgendermaßen gewinnen: Wir tragen in das Kennlinienfeld der Röhre zunächst eine Arbeitskennlinie ein, die mit beliebiger Neigung durch den vorgesehenen Arbeitspunkt geht. Durch die Schnittpunkte der Arbeitskennlinie mit den Röhrenkennlinien ergibt sich ein Zusammenhang zwischen den Augenblickswerten der Anodenwechselspannung und denen der Gitterwechselspannung. Auf Grund dieses Zusammenhanges tragen wir die Augenblickswerte der Gitterwechselspannung abhängig von den Augenblickswerten der Anodenwechselspannung auf. Dann vermindern wir die Gitterspannungswerte um die Werte der Rückkopplungsspannung, die den Augenblickswerten der Anodenwechselspannung verhältnisgleich sind. Damit haben wir die Kennlinie der Eingangsspannung. Auf ihr stellen wir die Punkte fest, die zu glatten Werten der Eingangsspannung gehören und übertragen die zugehörigen Augenblickswerte der Anodenwechselspannung auf die angenommene Arbeitskennlinie. Damit haben wir die ersten Punkte des Kennlinienfeldes der rückgekoppelten Röhre gewonnen. Weitere Punkte erhalten wir mit anderen Arbeitskennlinien.

Dieses durch Bild 2 für $k_1 = {}^1/_{25}$ veran-

schaulichte Verfahren hat zwar den Vorzug, der tatsächlichen Arbeitsweise der Schaltung angeglichen zu sein, ist aber etwas umständlich. Deshalb wird hier ein zweites, einfacheres Verfahren zur Gewinnung der Ersatzröhren-Kennlinien gezeigt. Es beruht darauf, daß der oben für Wechselspannungen dargestellte Zusammenhang auf die ihnen entsprechenden Gleichspannungen übertragbar ist: Zu der Anodengleichspannung U_a gehört die Rückkopplungsspannung

$$U_r = k_1 \cdot U_a,$$

womit die Eingangsspannung U_e durch

$$U_e = U_g - U_r = U_g + k_1 \cdot U_a$$

festliegt. Die Anwendung dieses Zusammenhanges auf die Kennlinienkonstruktion soll an Bild 3 für die Röhrenkennlinien von Bild 2 gezeigt werden. Die Mitkopplung möge wieder durch $k_1 = {}^1/_{25}$ bestimmt sein, was bedeutet, daß zu je 25 V Anodenspannung 1 V Rückkopplungsspannung gehören.

Bei 0 V Anodenspannung ist auch die Rückkopplungsspannung 0, weshalb sich hier nichts ändert. Bei 25 V Anodenspannung hat die Rückkopplungsspannung einen Wert von – 1 V. Bei 25 V Anodenspannung muß die Eingangsspannung um 1 V über

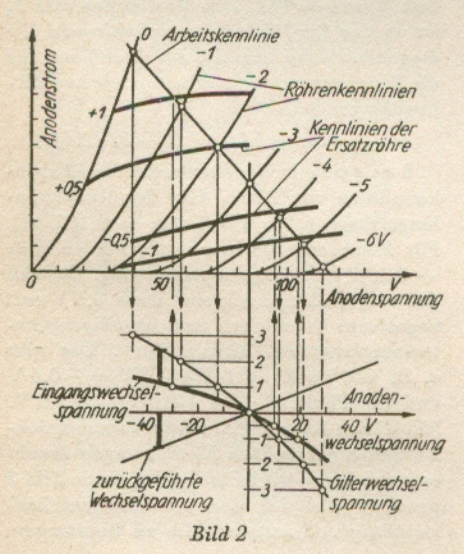


Bild 2

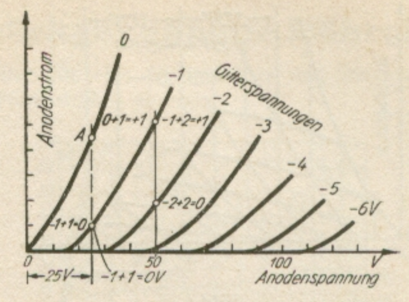


Bild 3

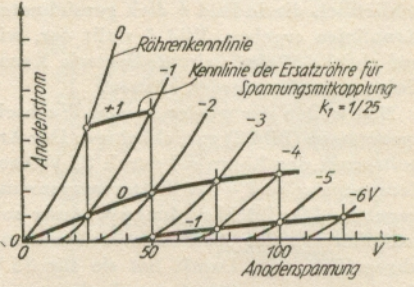


Bild 4

die jeweilige Gitterspannung erhöht werden, damit sich an der Röhre selbst die ursprüngliche Gitterspannung und damit der im Kennlinienbild eingetragene Anodenstrom ergibt. Folglich wird der Punkt A ein Punkt der 0 V + 1 V = + 1 V-Kennlinie der Ersatzröhre und der Punkt B ein Punkt der – 1 V + 1 V = 0 V-Kennlinie der Ersatzröhre. Bei 50 V = 2,25 V Anodenspannung sind zu den Gitterspannungen jeweils 2 V und bei 75 V = 3,25 V Anodenspannung jeweils 4 V hinzuzuzählen, woraus sich

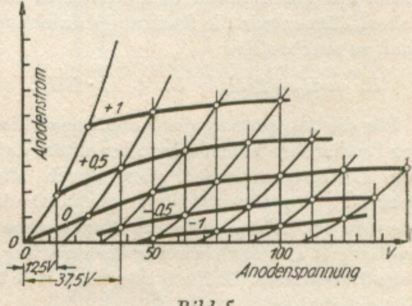


Bild 5

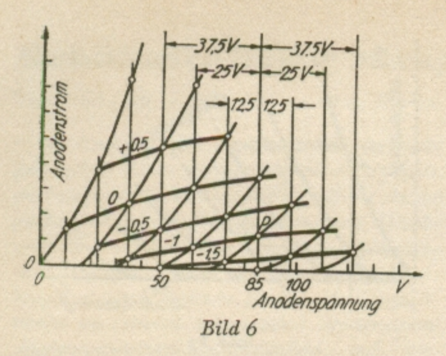


Bild 6

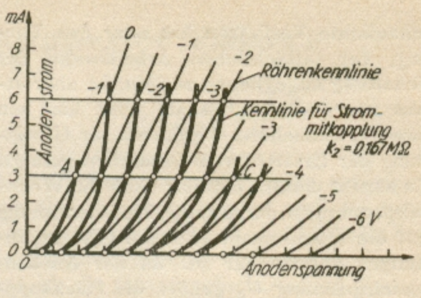


Bild 7

schließlich die in Bild 4 dick gezeichneten Kennlinien ergeben. Bild 5 stellt dar, wie auf gleiche Weise zwischenliegende Kennlinien gefunden werden können.

Nun wollen wir wieder zu den Wechselspannungen (Bild 2) zurückkehren. Der Arbeitspunkt der Röhre sei durch 85 V Anodenspannung und – 3 V Gittervorspannung gegeben. Die Rückkopplungsspannung soll lediglich von der Anodenwechselspannung abgegriffen sein. Damit hat sie für 85 V Anodenspannung (Anodenwechselspannung = 0 V) den Wert 0, weshalb der Punkt P sowohl für die Kennlinie der Röhre zu + 1 V Gitterwechselspannung wie für die Kennlinie der Ersatzröhre zu + 1 V Eingangswechselspannung gehört. Die weiteren Punkte erhalten wir gemäß Bild 5, wozu wir in Bild 6 statt von der Anodenspannung 0 V von der Anodenspannung 85 V ausgehen.

Um auszudrücken, daß wir es in diesem Fall nicht mit der gesamten, von Null aus gerechneten Anodenspannung und nicht mit der zugehörigen ganzen Rückkopplungsspannung, sondern mit den vom Arbeitspunkt aus gerechneten Bruchteilen zu tun haben, können wir die Spannungsbeziehung auch so anschreiben:

$$U_e = U_g - \Delta U_r = U_g + k_1 \cdot \Delta U_a.$$

Für die Auswertung des Kennlinienfeldes der Ersatzröhre haben wir zu beachten, daß der Gitterstromeinsatz stets durch die Spannung des Gitters gegen die Kathode gegeben ist. Als Grenze des Aussteuerbereiches gilt also nach wie vor die ursprüngliche Kennlinie z. B. für 0 oder für – 1,3 V Gitterspannung.

Die Anodenstrom-Mitkopplung

Bei der im vorigen Abschnitt betrachteten Rückkopplung war die in den Gitterkreis rückgekoppelte Spannung verhältnisgleich der Anodenspannung und in Phase sowohl mit der Gitterspannung wie auch mit der Eingangsspannung. Nun soll die Rückkopplung behandelt werden, bei der die rückgekoppelte Spannung dem Anodenstrom verhältnisgleich ist. Hierfür gilt:

$$\Delta U_r = + k_2 \Delta I_a.$$

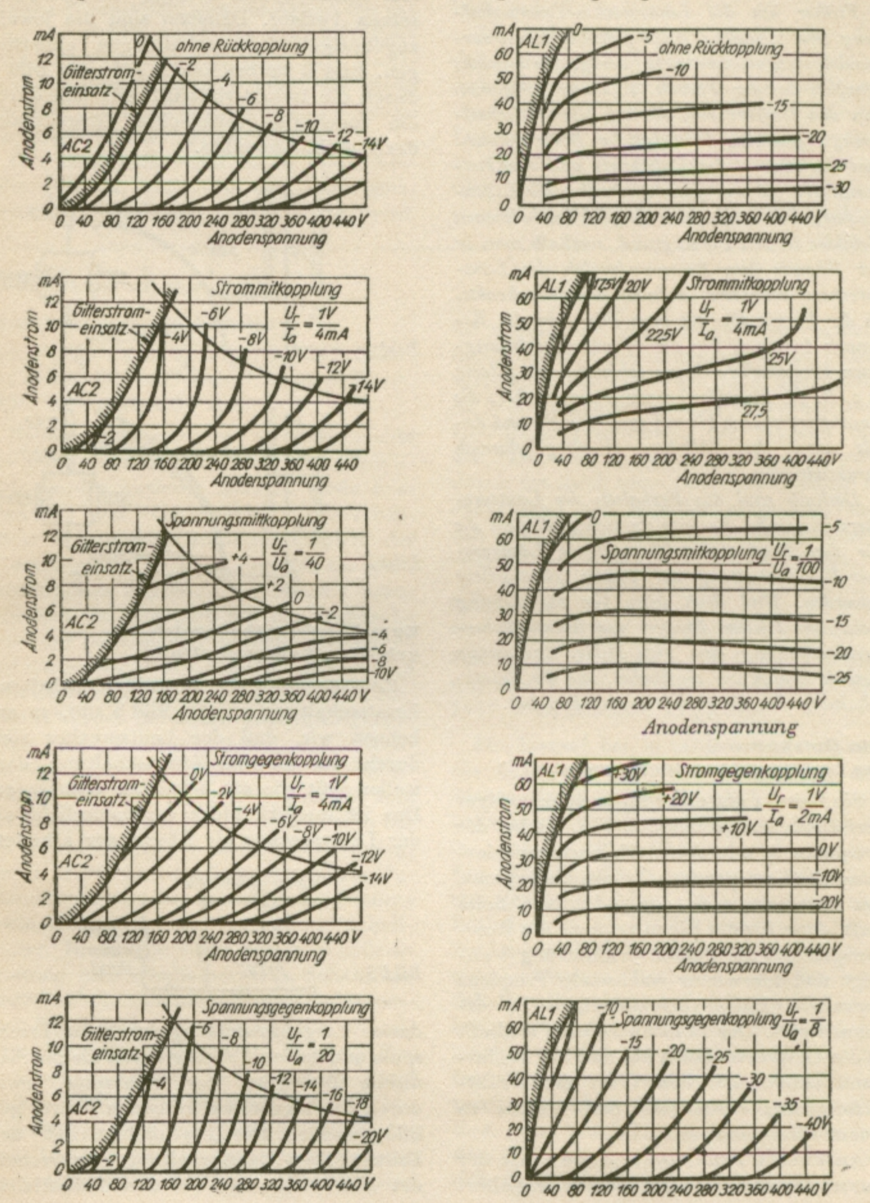
Das Vorzeichen auf der rechten Seite der Gleichung ist hier positiv, weil zu einer positiven Halbwelle der Gitterwechselspannung eine positive Halbwelle des Anodenwechselstromes gehört. k_2 hat als Maßeinheit V/mA = kΩ. Das Vorzeichen von k_2 ist wieder für Mitkopplung positiv und für Gegenkopplung negativ. Als Gleichung für die Eingangsspannung erhalten wir bei Mitkopplung:

$$U_e = U_g + \Delta U_r = U_g - k_2 \cdot \Delta I_a.$$

B e i s p i e l: Gegeben seien die Röhrenkennlinien von Bild 7 und der Rückkopplungsfaktor k_2 = 1 V/6 mA = 0,167 kΩ. Für 3 mA erhalten wir somit 1 V · 3/6 = + 0,5 V Rückkopplungsspannung. Gemäß der obigen Beziehung sind diese 0,5 V mit negativem Vorzeichen zum jeweiligen Gitterspannungswert hinzuzufügen. Das gibt z. B. für Punkt A 0 V – 0,5 V = – 0,5 V und für Punkt C – 3 V – 0,5 V = – 3,5 V. Mit diesen über die Anodenspannungsrückkopplung gebrachten Ausführungen macht es keine Schwierigkeiten mehr, das in Bild 7 gezeigte Beispiel der Anodenstromrückkopplung auf andere Fälle zu übertragen.

Kennlinienbeispiele für rückgekoppelte Röhren

Die durch Rückkopplung erzielbaren Wandlungen der Röhrenkennlinien sind hier für eine Dreipolröhre und für eine Fünfpolröhre gezeigt.



Zur Ersatzschaltung des dynamischen Lautsprechers

Früher hat die Lautsprecher-Ersatzschaltung eine ziemliche Rolle gespielt. Heute verwendet man sie nur mehr wenig. Sie erwuchs nämlich aus der Theorie. In dieser ging man von den Größen aus, die bei allen Wechselbewegungen eine beträchtliche Rolle spielen: von der Masse, der Federkraft und der Reibung. Hierbei trat ganz von selbst die Eigenfrequenz des durch diese Größen beschriebenen Gebildes in den Vordergrund, weshalb man in der Theorie dem Resonanzbereich des Lautsprechers besondere Aufmerksamkeit schenkte. In der Praxis aber tat man alles, um die Resonanz in einen für die Wiedergabe belanglosen Frequenzbereich zu schieben. So gelang es z. B. für Rundfunkgeräte-Lautsprecher, die Resonanzfrequenz bis auf etwa 70 Hz und damit unter den üblichen Wiedergabebereich herabzudrücken.

Deshalb sind das Verhalten des Lautsprechers in seinem Resonanzbereich und auch die für den Resonanzbereich geltende Lautsprecher-Ersatzschaltung der Praxis gleichgültig geworden. Und doch wäre für die Lösung vieler praktischer Fragen die Lautsprecher-Ersatzschaltung eine gute Hilfe. Aus diesem Grunde wollen wir ergründen, wie die Ersatzschaltung für die Praxis auszusehen hat.

Die Ortskurve des Lautsprecherwiderstandes

Sie besteht aus einer mehr oder weniger kreisähnlichen großen Schleife, die bei der Frequenz 0 mit dem Gleichstromwiderstand der Lautsprecher-Triebspule beginnt, von dort erst nach der induktiven Seite läuft, dann für die Eigenfrequenz des Resonanzgebildes die Phasenverschiebung 0 anzeigt und für weiter wachsende Frequenz kapazitive Phasenverschiebungen zu erkennen gibt. Der Resonanzbereich schließt in der Ortskurve damit ab, daß der Widerstand nahezu auf den Wert des Drahtwiderstandes zurückgeht und hierbei zu einem Wirkwiderstand wird.

An diesem Punkt beginnt d e r Ast der Kurve, der zum Wiedergabebereich gehört und der deshalb für die Praxis wichtig ist. Die Bilder 1 und 2 zeigen Beispiele für seinen Verlauf. Daneben sind die jeweils zugehörigen Ersatzschaltungen eingetragen. Bild 2 unterscheidet sich von Bild 1 durch die Induktivität 0,1 mH und durch die zugehörige senkrechte Verschiebung der Kennlinienpunkte.

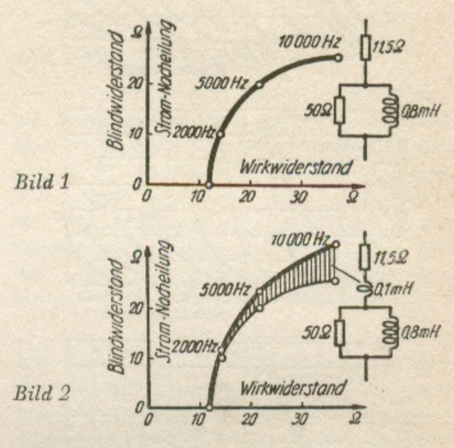


Bild 1

Bild 2

Zum Wiedergabebereich gehörige Ersatzschaltung

Zeichnen wir die in Bild 2 enthaltene Ersatzschaltung gemäß Bild 3 um, so erkennen wir, daß der Lautsprecher sich durch die gleiche Ersatzschaltung darstellen läßt wie ein belasteter Übertrager. Das ist insofern nicht verwunderlich, als der Lautsprecher als Übertrager arbeitet,

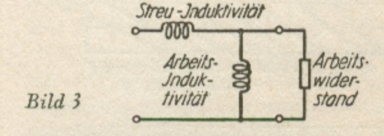


Bild 3

dessen Eingangswicklung durch die Triebspule und dessen Ausgang durch die mechanische Bewegung der Triebspule sowie durch die hierbei auftretenden Kräfte gebildet werden. Die „Streuinduktivität" der Lautsprecher-Ersatzschaltung unterscheidet sich nicht von der Streuinduktivität

der als L-Glied entworfenen Übertrager-Ersatzschaltung. Die „Arbeitsinduktivität“ gehört wie beim Übertrager zu dem auf die Eingangswicklung bezogenen magnetischen Wechselfeld, das die Arbeit von der Eingangswicklung auf den Ausgang überträgt. Der Arbeitswiderstand der Lautsprecher-Ersatzschaltung spielt die Rolle des auf die Eingangswicklung bezogenen Übertrager-Belastungswiderstandes.

Der Drahtwiderstand ist in Bild 3 beiseite gelassen, weil er in der Übertrager-Ersatzschaltung meist vernachlässigt wird. Beim Lautsprecher muß er natürlich berücksichtigt werden, weil er hier mit seinen beispielsweise 11,5 Ω im Vergleich zum Arbeitswiderstand eine nicht zu vernachlässigende Rolle spielt.

Im Arbeitswiderstand sind außer der Schalleistung alle Verlustleistungen berücksichtigt, die beim Betrieb des Lautsprechers in Kauf genommen werden müssen. Das hat man zu beachten, wenn man sich an Hand des Ersatzschaltbildes Gedanken über den Lautsprecher-Wirkwiderstand machen möchte. *F. Bergtold*

Bücher-Auslese

Einführung in die Akustik

Von F. Trendelenburg. 215 Bilder, 277 Seiten. 15,5 × 23,2 cm. J. Springer, Berlin. 1939. Gebunden 24.60 RM.

Nach dem Vorwort des Verfassers möchte das Buch dem Studierenden eine Einführung in die moderne Akustik sowie dem Praktiker und Wissenschaftler einen Einblick in ihm fernerstehende Gebiete der Akustik geben. Es ist in der Tat als recht neuzeitliches Lehrbuch der Akustik anzusprechen. In ihm wird auf die praktische Seite der Schallehre Rücksicht genommen und die Schalltechnik in ihren Grundzügen dem Leser verständlich gemacht. Im 1. Abschnitt werden behandelt die Schwingungsarten, die Wellengleichung, die Eigenschwingungen der Luftsäulen, Saiten, Membranen und Stäbe, der Dopplereffekt und der Geschoßschall. Der 2. bezieht sich auf die Schallfeldgrößen und ihre Messung. Der 3. bringt die Schallerzeugung, die Musikinstrumente, die menschliche Stimme sowie elektrische und thermische Schallsender. Im 4. Abschnitt folgen Schallausbreitung und Schallabsorption, Schallfilter und Schalleitungen sowie Fragen der Raum- und Bauakustik. Hierbei werden elektrische Vergleichsschaltungen benutzt. Der 5. Abschnitt befaßt sich mit Empfang und Aufzeichnung des Schalles. Der 6. beschreibt die alten und neuen Verfahren der Schallanalyse und bringt eine Reihe von Frequenzspektren. In dem 7. Abschnitt sind die wichtigsten Benennungen und Formeln der Schallehre zusammengefaßt. Ein Sachverzeichnis beschließt das Buch. Schrifttum ist in ausgedehntem Maße angeführt. Der Hochfrequenztechniker, der vielfach mit der Schallehre in Berührung kommt, wird durch das Buch ohne mühsame Theorie in das Gebiet des Schalles eingeführt und mit den neuesten Forschungsergebnissen vertraut gemacht. Dr. Macek.

Leitfaden zur Berechnung von Schallvorgängen

Von Dr. H. Stenzel. 106 Bilder. 124 Seiten. 15,6 × 22,6 cm. Julius Springer, Berlin. 1939. Preis broschiert 12.60 RM.

Dr. Stenzel hat in zahlreichen Arbeiten die Grundlagen für die Berechnung der Richtwirkung der gebräuchlichen und auch beliebiger Strahlenanordnungen geschaffen. Auf den ersten 50 Seiten des vorliegenden Werkes gibt er nun eine knappe Zusammenfassung der Gesichtspunkte und Beziehungen, die für die Richtwirkung der Sender und Empfänger bei großer Entfernung zwischen Beobachtungspunkt und Schallquelle gelten. Auf weiteren 30 Seiten behandelt er das Nahfeld des Strahlers und beschäftigt sich im übrigen mit der Untersuchung des Schallfeldes der verschiedenen Kugelstrahler. Zahlentafeln, ein Schrifttums- und ein Sachverzeichnis bilden den Abschluß des inhaltsreichen Werkes, das sich durch die Fülle des Gebotenen, durch

die knappe Darstellung und durch die zahlreichen gerechneten Kennlinien gleichermaßen auszeichnet. Daß ein solches Buch an den Leser nicht geringe Anforderungen stellt, ist selbstverständlich.

Hochfrequenz-Keramik

Von Dr. E. Albers-Schönberg unter Mitwirkung von Obering. H. Handrek, Dipl.-Ing. W. Soyck und Dr.-Ing. A. Ungewiß. 97 Bilder. 171 Seiten. 15,6 × 22,6 cm. Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig. 1939. Preis Leinen gebunden 12.– RM, kartoniert 11.– RM.

Das Buch gibt mit seinem beschreibenden Text und seinen zahlreichen, vielfach nach Firmenfotos gefertigten Bildern einen guten Einblick in die Rohstoffgrundlage, den chemischen Aufbau und die physikalischen Eigenschaften der keramischen Isolierstoffe, es schildert die Fertigung der keramischen Teile sowie ihre Verbindung mit Metall und Glas und zeigt die Anwendung der keramischen Isolierstoffe für die Hochfrequenztechnik im allgemeinen sowie für den Kondensatorbau im besonderen. Schrifttumshinweise erleichtern tieferes Eindringen in dieses wichtige Gebiet der heutigen Technik. Wer einen großen Überblick über die Hochfrequenzkeramik gewinnen möchte, vermag aus diesem Werk Nutzen zu ziehen. Der Hochfrequenzkonstrukteur würde einen wesentlichen Ausbau der Hinweise über die konstruktiven Eigenheiten der behandelten Werkstoffe recht begrüßen.

Richtig morsen

Ein Leitfaden für den Morseunterricht. Von Rudolf Grötsch. 5. Auflage. 83 Seiten. 13,6 × 20 cm. Deutschliterarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof. 1940. Preis kartoniert 1.80 RM.

Dieses Buch zeigt in klarer Darstellung, wie man vorgehen muß, um erfolgreich das Morsen zu erlernen oder zu lehren. Die große Erfahrung des Verfassers leuchtet überall durch. Die grundsätzlichen Bemerkungen sind in bestem Sinne auf die Praxis abgestellt. Die Übungen sind mit großer Sorgfalt ausgewählt. Eine nähere Inhaltsangabe erübrigt sich für dieses Werk, das ich als das Übungs- und Lehrbuch des Morsens bezeichnen möchte.

Kurzwellen- und Ultrakurzwellen-Empfängerschaltungsbuch

Von Werner W. Diefenbach. 140 Bilder. 260 Seiten. 13,6 × 20 cm. Deutschliterarisches Institut J. Schneider, Berlin-Tempelhof. 1940. Preis Leinen gebunden 7.80 RM, kartoniert 6.50 RM.

Nach einer knappen Einleitung bringt der Verfasser zunächst einige Besonderheiten der Kurzwellen-Empfängerschaltungen und daran anschließend zahlreiche Beispiele ausgeführter Schaltungen von den Kurzwellenteilen der Allwellengeräte, von Vorsatzgeräten und von eigentlichen Kurzwellenempfängern mit zwischengeschaltetem beschreibendem Text. Die in den Schaltbildern enthaltenen oder an sie angefügten Wertangaben sind dem Bastler sehr nützlich. Ein Anhang mit dem Schwarzsendergesetz, mehreren Tabellen und einigen einfachen Formeln bildet den Abschluß des Werkes, das für den eine Fundgrube ist, der Beispiele für Kurzwellenschaltungen sucht. Genaue Schrifttumsangaben und einheitliche Schaltbilddarstellung wären begrüßenswerte Verbesserungen.

Sieben Formeln genügen

Vorbereitung zur Gesellen- und Meisterprüfung im Elektrohandwerk. Von Ing. Bened. Gruber. 4. Auflage. 415 Bilder, 354 Seiten. R. Oldenbourg, München. 1938. Kartoniert 4.– RM.

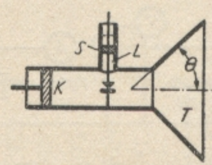
Üben mit sieben Formeln

Meisterprüfung. 22 Bilder. 76 Seiten. Kartoniert 2.20 RM. Gesellenprüfung. 32 Bilder, 78 Seiten. Kartoniert 2.20 RM.

Warum diese Büchlein hier erwähnt werden? – Nun, weil sie in ihrem Rahmen und für den im Titel angegebenen Zweck bemerkenswert gut sind. Wer von uns wird nicht immer wieder einmal von einem strebsamen Helfer gefragt, womit er sich weiterbilden solle. Da ist's gut, wenn man weiß, welche Bücher man dafür nennen kann. F. Bergtold.

Aufnahme ultrakurzer Wellen mit Trichter

Unter anderem haben die „Bell Telephone Laboratories" versucht, inwieweit sich Metalltrichter zur Bündelung der Dezimeterwellen eignen. Dabei wurden Anordnungen nach Bild 1 benutzt.



Die Röhre *R* und der Trichter *T* bestehen aus Messingblech. Die Röhre enthält zwecks Abstimmung einen verschiebbaren Kolben *K*. Der verwendete Kristalldetektor ist in ein konzentrisches Lechersystem *L* eingebaut, das sich durch den Schieber *S* ebenfalls abstimmen läßt, und besteht aus einem Stück Silizium von etwa 1 mm^3 Größe sowie aus einem Phosphorbronzedraht von 2 mm Länge und einigen Hundertstel mm Durchmesser.

Die Richtwirkung ist stark vom Öffnungswinkel Θ abhängig. 25^0 erwies sich als besonders günstig. Messungen ergaben, daß mit solchen „Trichterantennen" eine etwa hundertmal so große Empfangsleistung erzielt werden kann wie mit üblichen $\lambda/2$-Dipolen. Damit ist die Ausbeute besser als mit den bisher erfolgreich verwendeten parabolischen Reflektoren.

Die Wirkung der Anordnung wird so erklärt: Der Trichter leitet das elektromagnetische Feld in die Röhre *R* hinein, in der sich fortschreitende elektromagnetische Wellen ausbilden. Die senkrecht zur Hauptröhre stehende kleine Röhre *L* dient als Resonanzteil, der am Detektor hohe Spannungen bewirkt. Eine genaue theoretische Erklärung wurde noch nicht gegeben.

Dr. O. Macek.

Eines der nächsten Hefte bringt einen ausführlichen Bericht über diese Trichterantennen.

Aufgaben-Auslese

Hier folgen zunächst die Lösungen der Aufgaben aus dem letzten Heft. Daran schließen sich neue Aufgaben an, deren Lösungen im folgenden Heft erscheinen. Die Aufgaben sind mit Rücksicht auf die im Felde stehenden Bezieher so abgefaßt, daß sie ohne Hilfsmittel allein durch Nachdenken gelöst werden können.

Lösungen:

1. 30fache Verstärkung heißt, daß 1 V Gitterwechselspannung eine Anodenwechselspannung von 30 V bewirkt. Von diesen 30 V wird der zwanzigste Teil an den Eingang zurückgeführt, so daß dort zu Gitterspannung 1 V die Eingangsspannung 1 V + $\frac{30}{20}$ V = 2,5 V gehört. Der gegengekoppelte Verstärker hat bei 2,5 V Eingangsspannung 30 V Ausgangsspannung. Somit beläuft sich die Verstärkung auf 2,5 : 30 = 1 : 12.

2. Aus Steilheit und Verstärkungsfaktor ermitteln wir zunächst den Innenwiderstand der Röhre. Es gilt:

Steilheit = Anodenstromänderung : Gitterspannungsänderung,

Verstärkungsfaktor = Anodenspannungsänderung : Gitterspannungsänderung,

Innenwiderstand = Anodenspannungsänderung : Anodenstromänderung.

Hieraus folgt:

Innenwiderstand = Verstärkungsfaktor : Steilheit = 1800 : 1,8 = 1000 kΩ.

Die Röhre betrachten wir als Stromquelle, in der der Kurzschlußstrom fließt und der Innenwiderstand zwischen beide Klemmen geschaltet ist. Dabei liegt der Innenwiderstand neben dem Außenwiderstand, wozu sich als Gesamtwiderstand 1000 · 200 : (1000 + 200) = 167 kΩ ergeben. Da die Steilheit die zu 1 V Gitterspannungsschwankung gehörige Anodenstromschwankung und die Verstärkung die ebenfalls zu 1 V Gitterspannungsschwankung gehörige Anodenspannungsschwankung darstellen, erhalten wir:

Verstärkung = Steilheit · Gesamtwiderstand = 1,8 · 167 = 300.

3. Die Lautstärke in Phon steht mit der Schalleistungsdichte in W/cm² in folgendem Zusammenhang:

Lautstärke in Phon =

$$= 10 \lg \frac{\text{jeweil. Schalleistungsdichte in W/cm}^2}{1 \cdot 10^{-16}\ \text{W/cm}^2}.$$

Bei Verwendung der 10 Lautsprecher erhöht sich die Schalleistungsdichte auf das Zehnfache. Das gibt:

Neue Lautstärke =
= Ursprüngliche Lautstärke + 10 lg 10 =
= 70 + 10 = 80 Phon.

4. Das gewöhnliche Mikrophon arbeitet mit einer Membran, deren eine Seite dem Schalldruck ausgesetzt und deren andere Seite durch die Mikrophonkapsel gegen den Schalldruck abgeschirmt ist. Sind die Mikrophonabmessungen klein gegen die Wellenlänge des einwirkenden Schalles, so wirken sich die Schallwellen als einheitliche Druckschwankungen der gesamten Umgebung des Mikrophones aus. Das Mikrophon gerät während der einen Schallwellenhälfte in einen Überdruck und während der anderen Schallwellenhälfte in einen Unterdruck. Die Membran wird durch den Über- und Unterdruck bewegt, wobei die Lage der Membran zu der Einfallrichtung des Schalles belanglos ist.

Neue Aufgaben:

1. Warum wendet man in der Starkstromtechnik Reihenresonanzzweige fast nie, Sperrkreise hingegen recht häufig an? In welcher Gestalt kommen übrigens die Sperrkreise der Starkstromtechnik meist vor?

2. Bild 1 zeigt eine Schaltung. Die Meßinstrumente, die keinen Eigenverbrauch

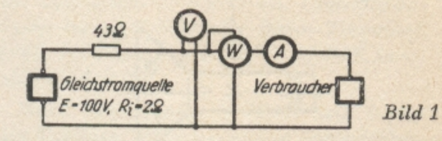


Bild 1

haben sollen, zeigen 70 V, 6 W und 0,6 A an. Was dürfte sich in dem als Verbraucher bezeichneten Kasten befinden? Man kann ein Summen wahrnehmen, das aus dem Kasten stammt.

3. Eine mit einem eisenhaltigen Kern versehene Spule hat eine um 10% zu geringe Induktivität. Um wieviel % muß die Windungszahl der Spule erhöht werden?

4. Welchen Einfluß hat eine starke Gegenkopplung auf die durchschnittliche Wiedergabelautstärke?

5. Eine Anordnung kann als Hintereinanderschaltung aus einem Wirkwiderstand von 10 Ohm und einer Induktivität von 0,1 H aufgefaßt werden. Welche Kapazität ist dieser Anordnung nebenzuschalten, wenn der Blindanteil des Widerstandes für 500 Hz ausgeglichen werden soll? Welchen Wert hat der Wirkwiderstand der Gesamtschaltung?

6. Was haben wir unter einem Ohmschen Widerstand und unter dem Ohmschen Gesetz zu verstehen?

Gegenkopplungs-Schrifttum

Hier werden einige Arbeiten genannt, die in ihrem Stil an die Auslese anklingen und deshalb als unmittelbare Ergänzungen des vorliegenden Auslese-Heftes betrachtet werden können.

Die Arbeitsweise gegengekoppelter Verstärker

von H. Bartels und F. Schierl. Telefunkenzeitung 1937 Nr. 77 S. 9 . . . 23 mit 20 Bildern.

Gegenkopplungsschaltungen

von L. Brück. Telefunkenröhre 1937 S. 244 . . . 277 mit 27 Bildern.

Gegenkopplung

von F. Bergtold. Funktechnischer Vorwärts 1939 und 1940.

Mehrere, die Gegenkopplung eingehend erklärende Veröffentlichungen.

Ein nützliches Werk-, Lehr- und Handbuch

Praktische Funktechnik

von HANS WIESEMANN

Ein vorzügliches Lehrbuch der praktischen Arbeit

„Das in seinen Abschnitten sorgfältig abgewogene Werk beginnt mit einer leichtverständlichen und übersichtlichen Schilderung der Grundlagen einer Schaltung. Besonders eingehend ist gezeigt, wie man die modernen Sonderröhren richtig betreibt und ausnutzt. **Ausführlich ist die handwerkliche Behandlung von Holz, Isolierstoff und Metall beschrieben — ein Gebiet, dem häufig zu wenig Beachtung geschenkt wird.** Weiter ist die wichtige Antennenfrage erörtert; es wird gezeigt, wie man in jedem Fall die beste Lösung finden kann. Der Verfasser geht sehr ausführlich auf die Hilfsmittel ein, die das Auffinden von Fehlern ermöglichen. Er beschreibt Wirkungsweise, Aufbau und Gebrauch der hauptsächlichsten Prüf- und Meßgeräte und verhilft so dem Leser nicht nur zu einem billigen kleinen Laboratorium, sondern auch zu einem auf eigener Beobachtung begründeten Fachwissen, das sich nicht erst bei der Beseitigung von Fehlern, sondern schon beim Schaltungs- und Geräteaufbau nützlich auswirkt. **Das Werk eignet sich vorzüglich als Lehr- und Handbuch der praktischen Arbeit für alle an der Rundfunktechnik Interessierte.**“

Der Rundfunkhändler, Berlin

Einfache und verständliche Darstellung — auch für den Werkmann brauchbar

„**Es enthält wohl alles, was man zum Bau von Empfängern und Zubehörgeräten, für die Auswahl der Schaltungen und ihrer Einzelteile und nicht zuletzt für die Erhaltung der Betriebsfähigkeit braucht.** Besonders hervorgehoben seien die eingehende und gründliche **Schaltungslehre**, die sorgfältige **Darstellung der Röhren** und ihrer Eigenheiten, das reiche und gute **Bildmaterial** und endlich die sehr brauchbaren **Tafeln für Berechnung und Bemessung.** Die einfache und verständliche Darstellung macht das Buch auch für den Werkmann der Funktechnik brauchbar.“ *Elektrische Nachrichtentechnik, Berlin*

Hier sind alle Fragen ohne Umschweife erörtert und beantwortet

„Leicht verständlich und flott geschrieben, bringt das Buch einen **vollständigen Lehrgang**, der nach einem festen Plan aufgebaut ist und den Leser unmerklich von den einfachsten bis zu den schwierigsten Aufgaben hinüberleitet. Ständig wird erstrebt, auch ohne Formeln eine klare Vorstellung von den oft verwickelten Vorgängen im Gerät zu vermitteln und die Wirkung äußerer Maßnahmen und innerer Einflüsse auf das Ergebnis abschätzen zu lernen. Man sieht es diesem Buch an, daß es mit Liebe zur Sache geschrieben ist. **Inhaltlich ist ein Grad erreicht, wie er von einem Lehr- und Handbuch gefordert werden muß**, das als Berufsgrundlage dienen will. Aber auch der ernste Bastler wird dieses Buch begeistert begrüßen — endlich findet er hier alle Fragen, die ihn bewegen, übersichtlich beieinander; jede Frage ist ohne Umschweife erörtert und beantwortet." *NSBZ. Deutsche Postzeitung, Berlin*

Ohne Formeln und Theorie

„Von Formeln und Theorien wird man nichts finden, dagegen wird **der innere und äußere Aufbau von Rundfunkanlagen bis ins einzelne erklärt** und die Vorgänge in den Geräten immer anhand der Praxis geschildert. Die Abbildungen sind sehr gut gedruckt. Die Zeichnungen sind deutlich und leicht verständlich. So bietet dieses Buch **dem praktischen Funktechniker eine ausgezeichnete Hilfe bei seiner Arbeit, aber auch dem Lernenden bei der Erweiterung seines Wissens**. Darüber hinaus ist es ein wertvolles Nachschlagebuch, da das Sachverzeichnis sehr sorgfältig aufgestellt ist." *Frankfurter Zeitung*

Vorbildliche Bildausstattung

„Erfolgreiche praktische Tätigkeit fordert wichtige funktechnische Grundlagen und eine Beherrschung der einschlägigen handwerklichen Fertigkeiten. Der Praktiker wird es daher begrüßen, wenn jetzt von einem erfahrenen Fachmann ein Buch erscheint, das man als „**Hochschule der Basteltechnik**" bezeichnen könnte. Die vorbildliche Bildausstattung und der reiche Inhalt des leichtverständlichen Werkes sichern dieser jedem Praktiker sehr zu empfehlenden Neuerscheinung besondere Anerkennung und Erfolge." *Funkschau, München*

Hans Wiesemann: **Praktische Funktechnik**

374 Seiten Lexikonformat mit 350 Abbildungen, 7 Tabellen, 9 Tafeln und 2 Modellbogen. Geheftet RM 15.—, in Leinen gebunden RM 21.—

Zu beziehen durch Ihre Buchhandlung

Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart

P. 796. Stuttgarter Vereinsbuchdruckerei AG

Verantwortlich für den Inhalt: Dr.-Ing. F. Bergtold, VDE., München. Verantwortlich für die Anzeigen: Theodor Ballenberger, Stuttgart-Degerloch. Z. Zt. gültige Pl. Nr. 6. Verlag Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart-O. Printed in Germany. Druck: Chr. Belser, Stuttgart